Form2Cut – Trennen von dünnwandigen Blechbauteilen durch Umformen

Form2Cut – Cutting of thin sheet metal components by forming

Franz Reuther*, Sebastian Melzer, Stefan Polster

Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU
Reichenhainer Straße 88, 09126 Chemnitz
**Korrespondenz: franz.reuther@iwu.fraunhofer.de*

Abstract: Für die Herstellung dünnwandiger metallischer Bipolarplatten in Brennstoffzellen und Elektrolyseuren werden kontinuierliche Walzprozesse wie das Hohlprägewalzen eingesetzt, die hohe Produktionsraten bei geringen Umformkräften ermöglichen. Während die Umformung komplexer Kanalstrukturen bereits ein hohes Reifestadium erreicht hat, stellen nachgelagerte Trennoperationen weiterhin eine technologische Herausforderung dar. Konventionelle Verfahren erfordern extrem kleine Schneidspalte oder leiden unter mangelnder Prozessstabilität bei den sehr geringen Blechdicken. Das neuartige Verfahren „Form2Cut“ löst dieses Problem durch ein indirektes Trennen mittels gezielter Umformung kanalförmiger Hilfsgeometrien, wodurch gezielt die Grenzformänderung des Werkstoffes überschritten wird. Der Prozess ist robust gegenüber Werkzeugabweichungen, in kontinuierliche Walzprozesse integrierbar und ermöglicht geringere Kräfte bei gleichzeitig definierbarer Schnittqualität. Damit bietet Form2Cut ein hohes Potenzial für die großserientaugliche und kosteneffiziente Fertigung metallischer Dünnblechkomponenten.

Continuous rolling processes, such as hollow embossing rolling, are used to manufacture thin-walled metallic bipolar plates for use in fuel cells and electrolysers. These processes enable high production rates with low forming forces. Although hollow embossing rolling of complex channel structures is well established, following cutting operations remain a technological challenge. Conventional methods either require extremely small cutting gaps or lack process stability with very thin sheet thicknesses. The innovative 'Form2Cut' process solves this problem through indirect cutting, which involves the forming of channel-shaped geometries that exceed the material's formability. This robust process can be integrated into continuous rolling processes and enables lower forces while maintaining definable cutting quality. Form2Cut thus offers significant potential for the large-scale, cost-effective production of thin sheet metal components.

Keywords: Bipolarplatten, Hohlprägewalzen, Prozesskette, Dünnblech, Trennen
Bipolar plates, hollow embossing rolling, process chain, thin sheet metal, cutting

Einleitung

Dünnwandige, metallische Platten zur Medienführung werden in Brennstoffzellen und Elektrolyseuren in großer Anzahl benötigt. Im Sinne einer großserientauglichen, kostengünstigen Produktion derartiger Platten wurden in den vergangenen Jahren kontinuierliche Walzverfahren entwickelt, die einerseits die Produktionsraten bisheriger Fertigungskonzepte deutlich übersteigen und andererseits signifikant niedrigere Umformkräfte benötigen. Bisherige

Einschränkungen dieses Ansatzes hinsichtlich möglicher Faltenbildungstendenzen wurden bereits durch technologische Optimierungen gelöst. Prototypische Versuchsreihen an speziell dafür entwickelten und aufgebauten Fertigungsanlagen demonstrieren das enorme Potenzial des sog. Hohlprägewalzens. Während die Formgebung der komplexen Kanalstrukturen durch diesen Prozess bereits ein serienreifes TRL-Niveau erreicht, sind nachgelagerte Fertigungsprozesse weniger gut entwickelt. Ein Hauptproblem stellt das Trennen der Platten (Randbeschnitt und innenliegende Löcher wie bspw. Ports) in einem kontinuierlichen Fertigungsprozess dar. Die wesentlichen technologischen Herausforderungen sind:

- erforderliche Genauigkeiten der Werkzeuge, insb. bei Blechdicken von < 0,1 mm
- erforderliche Schnittqualität
- integrierbar in einen kontinuierlichen Fertigungsprozess
- robuster, wiederholgenauer Schneidprozess

Stand der Technik

Im Kontext der Bipolarhalbplatten-Herstellung wurden bereits verschiedene Schneidverfahren erprobt (Abbildung 1), wobei verfahrensspezifisch diverse Nachteile vorhanden sind.

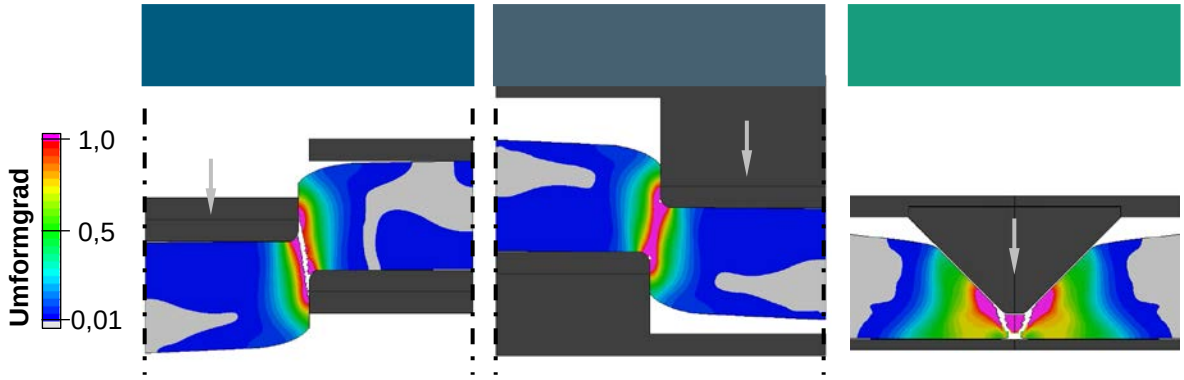

Abbildung 1: Vergleich verschiedener Trennverfahren

Konventionelles Scherschneiden – als technologische Vorzugsvariante – ist hinsichtlich der Schnittkantenqualität und der Wiederholgenauigkeit prinzipiell hervorragend für das Trennen metallischer Bänder geeignet. Die genauigkeitsbedingte Forderung nach extrem geringen Schneidspalten (~ 10 % der Blechdicke → 10 µm bei 0,1 mm Blechdicke) ist fertigungstechnisch herausfordernd. Eine Integration in einen kontinuierlichen Fertigungsprozess in Form rotierender Walzwerkzeuge ist nur dann umsetzbar, wenn auf einen Blechhalter verzichtet wird (**Scherschneiden ohne Blechhalter**). Trotzdem bleibt die Positionierung der Schneidwerkzeuge zueinander unter Berücksichtigung fertigungsbedingter Abweichungen eine enorme Hürde.

Aufgrund dieser Problemstellungen wurden bereits alternative Trennverfahren betrachtet, wie das **Messer**- oder das **Beißschneiden**. Ein ein- oder beidseitig in das Band eindringendes, keilförmiges Schneidelement bewirkt hier schrittweise eine Verdrängung des Bandes bis zum Abreißen des Bandes. Die Form des Schneidkeils bestimmt maßgeblich die notwendigen Umformkräfte, Werkzeugbelastung und die resultierende Schnittkantenqualität. Auch wenn die Integration in rotierende Walzwerkzeuge vergleichsweise einfach ist, kann aktuell kein robuster und wiederholgenauer Trennvorgang im Kontext von dünnen metallischen Bändern (< 0,1 mm) erzielt werden. Die Gründe dafür liegen einerseits in fertigungsbedingten Abweichungen

der Keilgeometrie, deren Abmessungen im Bereich der Blechdicke liegt (0,05 – 0,10 mm) und andererseits in einer lastabhängigen Walzspaltänderung, sodass teilweise kein vollständiges Trennen des Bandes erfolgt. Die begrenzte Lebensdauer der Schneidkeilgeometrien ist ein weiterer nennenswerter Nachteil dieses Ansatzes.

Lösungsweg

Um die aufgeführten Problemstellungen zu lösen, wird anstelle der in Blechdickenrichtung wirkenden Schneidelemente ein Trennen durch eine gezielte Überbeanspruchung der Umformbarkeit des Bandes hervorgerufen. Dafür werden im abzutrennenden Abfallbereich kanalförmige Hilfsgeometrien als umzuformende Geometrieelemente vorgesehen (Abbildung 2). Für das Trennen des Bandes ist demzufolge eine Umformung eines Kanal-zargenbereiches (Detailbild 3: Abriss) ursächlich – daher: Umformen zum Trennen – **Form2Cut**. Nach DIN 8588 ist dieser Ansatz der Gruppe „Reißen“ zuzuordnen. Die Hilfsgeometrie ist vergleichbar mit einer Ziehsicke, wobei die Zarge, die der anvisierten Trennlinie folgt, bewusst deutlich zu eng gestaltet ist, damit das Material hier abgeschert wird.

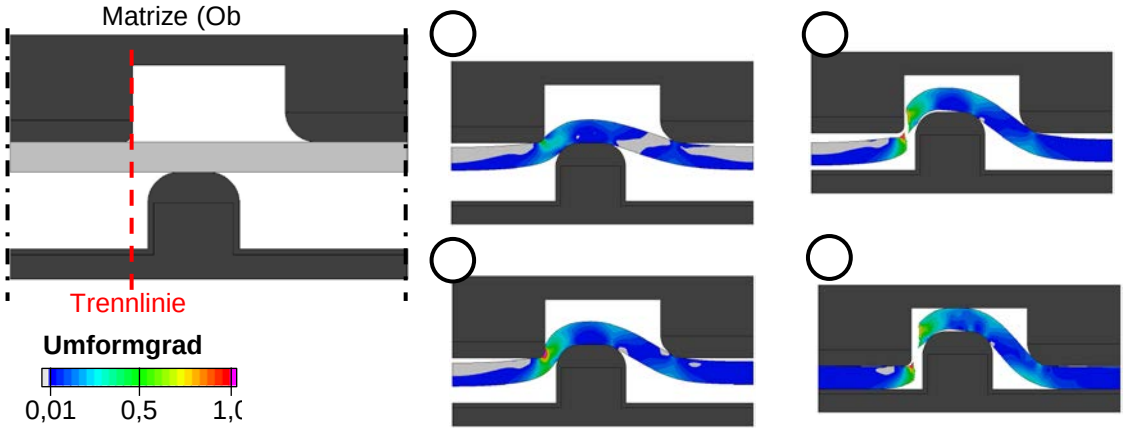

Abbildung 2: Verfahrensprinzip Trennen durch Umformen (Form2Cut)

Dieser Ansatz hat gegenüber den in Abschnitt 2 dargestellten Verfahren **verschiedene Vorteile**:

- die Belastung des Bandes in der Zarge ist dominiert von Scherung, dadurch werden geringere Kräfte als beim Messerschneiden benötigt
- es sind keine scharfkantigen Ecken im direkten Eingriff zum Blech, die infolge von Verschleißerscheinungen zu einem stetig schlechteren Trennergebnis führen
- zwischen Matrize und Stempel ist selbst im vollständig geschlossenen Zustand immer ein Spalt von mind. 50 % der initialen Blechdicke vorhanden. Der Prozess ist dadurch deutlich robuster gegenüber fertigungsbedingten Ungenauigkeiten oder Fehlpositionierungen der Werkzeuge zueinander
- der Prozess ist ohne Einschränkungen in Form von rotierenden Walzen in kontinuierliche Hohlprägewalzprozesse integrierbar
- der Prozess ist in einer Stufe simultan zum Umformen realisierbar

- die Qualität der Trennfläche ist geringfügig schlechter als beim konventionellen Scherschneiden, aber deutlich besser als im Fall des Messerschneidens.

Durch die entscheidenden geometrischen Größen Kanalhöhe und Zargenbreite kann der Risszeitpunkt werkstoffspezifisch definiert werden. Durch eine gezielte Auswahl der Radien kann außerdem der Ort der Rissinitiierung und dadurch auch die Qualität der Trennfläche beeinflusst werden. Das Verfahren eignet sich sowohl für konventionelle translatorische Prozesse (bspw. Hohlprägen) als auch in Verfahren mit rotierenden Werkzeugen (Hohlprägewalzen). Es gibt keine Einschränkungen des Bandwerkstoffes, lediglich die geometrischen Größen müssen werkstoffspezifisch angepasst werden. Das Verfahren lässt sich grundsätzlich auch auf andere Anwendungsszenarien mit größeren Blechdicken übertragen.